

**Potencial de geração de energia elétrica a partir do aproveitamento de resíduos sólidos orgânicos no Brasil****Potential of electricity generation from the use of organic solid waste in Brazil**

DOI:10.34117/bjdv5n12-142

Recebimento dos originais: 07/11/2019

Aceitação para publicação: 10/12/2019

**Thays Lorranny da Silva Januário**

Tecnóloga em Alimentos pela Faculdade de Tecnologia CENTEC - Cariri (2012).

E-mail: eng.thays@hotmail.com

**Jefferson Luiz Alves Marinho**

Mestre em Engenharia e Tecnologia Ambiental pela Universidad de León - Espanha. Mestre em Direito pela Universidade de Santa Cruz do Sul – UNISC/RS. Doutorando em Química Biológica – URCA.

E-mail: jeff.marinho@urca.br

**Janeide Ferreira Alencar de Oliveira**

Tecnóloga da Construção Civil – URCA; Doutoranda em Ciências da Saúde, pela Faculdade de Medicina do ABC/São Paulo.

E-mail: janeide1313@gmail.com

**Resumo**

Mais de 50 % do volume de resíduo sólido urbano coletado no Brasil é composto por matéria orgânica, sendo grande parte deste resíduo remetido inadequadamente para aterros e lixões, onde misturados com outros resíduos sólidos promove a emissão do biogás. Esse gás é composto principalmente por metano, um dos gases causadores do efeito estufa, entretanto se coletado, deixa de gerar um impacto ao meio ambiente e pode ser aproveitado para a produção de energia elétrica. Com base nisto, objetivou-se neste trabalho apresentar a ampla capacidade brasileira de gerar energia elétrica de maneira integralmente sustentável através da biodigestão de resíduos sólidos orgânicos alimentares. Para elaboração deste trabalho foi realizada uma Revisão Sistemática de Literatura (RSL). A base de dados utilizada foi artigos científicos de periódicos e congressos, internacionais e nacionais; livros; dissertações e fontes relevantes e confiáveis da Internet o mais atual possível. Estudos de vários autores mostraram ser possível o uso de gás hidrogênio produzido do metano gerado em degradação de resíduos orgânicos, como os encontrados em aterros sanitários, para a produção de energia elétrica. Outros autores realizaram estudos em 2011 com a digestão anaeróbia de resíduos sólidos orgânicos em países em desenvolvimento e mostraram que esses resíduos podem gerar biogás para produção de energia. A produção de energias renováveis é uma das formas de aproveitamento de resíduos orgânicos no Brasil, contribuindo ao mesmo tempo para o aumento da matriz energética mundial, redução de lançamentos inadequados no meio ambiente, geração de oportunidades de negócios, renda e trazendo maior desenvolvimento sustentável.

**Palavras-chave:** Potencial energético, Resíduos sólidos orgânicos, Biogás, Biomassa, Sustentabilidade.

**ABSTRACT**

More than 50 % of the volume of urban solid waste collected in Brazil is composed of organic matter, and a large part of this waste is improperly sent to landfills and dumps where mixed with other solid waste promotes biogas emissions. This gas is composed mainly of methane, one of the gases that

cause the greenhouse effect. However, if collected, it will no longer have an impact on the environment and could be used to produce electricity. Based on this, the objective of this work was to present the broad Brazilian capacity to generate electricity in an entirely sustainable way through the biodigestion of solid organic food wastes. For the elaboration of this work a Systematic Literature Review (SLR) was carried out. The database used was scientific articles international and national periodicals and congresses; books; dissertations and relevant and reliable Internet sources, as current as possible. Studies of several authors have shown that it is possible to use hydrogen gas produced from the methane generated in the degradation of organic residues, such as those found in landfills, for the production of electricity. Other authors conducted studies in 2011 on the anaerobic digestion of organic solid waste in developing countries and have shown that this waste can generate biogas for energy production. The production of renewable energy is one of the ways to take advantage of organic waste in Brazil, increasing the world energy matrix, reduction of inappropriate launches to the environment, generation of business opportunities, income and sustainability.

**Key-words:** Energetic potential, Organics Solid Waste, Biogas, Biomass, Sustainability.

## 1 INTRODUÇÃO

A crescente preocupação ambiental das últimas décadas promoveu uma série de questionamentos sobre a exploração dos recursos naturais renováveis e principalmente não renováveis. A preocupação não se limita a exploração final do recurso, mas também aos seus impactos sobre o meio (PINTO, 2014).

Na atualidade, em consequência do desenvolvimento industrial, crescimento da população e sua adoção crescente de novos padrões de consumo, juntamente com a falta de conhecimento, interesse e sensibilidade da sociedade frente ao meio ambiente, ocasionou uma desenfreada produção de resíduos sólidos urbanos. Como consequência, os resíduos sólidos gerados pelo homem resultam em diversos riscos à saúde pública, provocando devastação e enorme degradação ambiental, modificando e surgindo novas tendências econômicas, sociais e administrativas envolvidas nesta questão. Acredita-se que uma das metas mais difíceis esteja na colaboração e efetiva participação da população quanto à maneira correta de dispor o resíduo no local apropriado para tal fim, sendo que uma das premissas da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) está na minimização da geração de resíduos (SCHOTT FILHO et al., 2017; VALLE; BRAZ; SANTOS, 2013).

Os riscos que o descarte inadequado de resíduos como os lixões representam à saúde pública e ao meio ambiente, começaram a ser foco de maior atenção desde a década de 1970. Com o aumento da consciência em relação a temas como aquecimento global e desenvolvimento sustentável, os gestores de serviços de tratamento e disposição de resíduos têm sido pressionados a melhorar o controle das operações relacionadas e a minimizar os impactos ambientais (TOZETTO, 2008).

A NBR 10.004 (2004, p. 1) que trata dos resíduos sólidos, inclusive sua classificação, considerando a crescente preocupação da sociedade com relação às 63 questões ambientais e ao desenvolvimento sustentável define resíduos sólidos como sendo:

Resíduos nos estados sólidos e semissólidos, resultantes de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviço e de varrição. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes do sistema de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos, cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água, ou exijam para isso solução técnica e economicamente inviável em face à melhor tecnologia disponível (ABNT, 2004).

Segundo dados da ABRELPE (2012) mais de 50 % do volume de resíduo sólido urbano coletado no Brasil é composto por matéria orgânica. Esse resíduo é em grande parte remetido inadequadamente para aterros e lixões, onde misturados com outros resíduos sólidos promove a emissão de biogás. Esse gás é composto principalmente por metano, um dos gases causadores do efeito estufa, entretanto se coletado, deixa de gerar um impacto ao meio ambiente e pode ser aproveitado para a produção de energia elétrica. Além disso, a matéria orgânica em decomposição no aterro ou lixão produz o chorume, uma substância líquida decorrente da putrefação orgânica que pode contaminar o solo, o lençol freático, rios e córregos. Em função da grande quantidade de matéria orgânica, também atrai insetos vetores de doenças aos seres humanos.

O Brasil é um grande gerador de resíduos orgânicos, tendo em vista sua população, larga produção de alimentos, combustíveis, criação de animais e diversos processos produtivos que eliminam subprodutos passíveis de aproveitamentos na produção de energia renovável (OLIVEIRA; FERREIRA; OLIVEIRA, 2016).

Com base nisto, objetivou-se neste trabalho apresentar a ampla capacidade brasileira de gerar energia elétrica de maneira integralmente sustentável através da biodigestão de resíduos sólidos orgânicos (especificamente, resíduos alimentares).

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

O conceito de desenvolvimento sustentável foi reconhecido internacionalmente em 1972, na Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente Humano, realizada em Estocolmo, Suécia, apresentando a definição do desenvolvimento que procura satisfazer as necessidades da geração atual, sem comprometer a capacidade das gerações futuras de satisfazerem as suas próprias necessidades. As populações humanas que vivem no mundo, e que fazem parte de todas as gerações teriam de absorver o conhecimento sobre a sustentabilidade, repassá-lo e agir sensatamente. Por isso, a questão do desenvolvimento sustentável assumiu importância em termos mundiais, oferecendo conhecimento sobre o aproveitamento dos recursos e na descoberta de novas práticas e alternativas de desenvolvimento. Tudo isso representa a possibilidade de que as populações presentes e futuras cheguem a um nível satisfatório de desenvolvimento social e econômico e de realização humana e

cultural, fazendo ao mesmo tempo, uso razoável dos recursos da terra e preservando as espécies e os habitats naturais como forma de diminuição dos impactos ambientais e sociais. Diante desse cenário, o maior desafio da humanidade é a busca da exploração sustentável dos recursos naturais, campo aonde pesquisas sobre energias renováveis vêm se intensificando, possibilitando a geração de informações que possibilitem o aproveitamento dos resíduos (PEREIRA et al., 2015).

Quando se trata de energias renováveis e desenvolvimento tecnológico é importante o aproveitamento do potencial de algumas fontes de energia disponíveis no país como a energia solar, eólica, fotovoltaica e de biomassa (PEREIRA et al., 2015). A utilização do biogás, oriundo da biodigestão anaeróbia, tem sido afirmada como uma opção de grande eficiência no tratamento de biomassa. É importante lembrar que este tipo de resíduo deve receber devida atenção, caso mal manejado, pode ser extremamente prejudicial ao meio ambiente, produzindo gás metano, impactando negativamente na qualidade do ar atmosférico, assim como se infiltrar no solo, causando sérios problemas ao alcançar o lençol freático (DEUBLEIN; STEINHAUSER, 2008).

Biomassa é matéria orgânica, morta ou viva, existente nos organismos (animais ou vegetais) de uma determinada comunidade. Podem ser recuperadas através dos resíduos florestais, agrícolas, pecuários e até mesmo urbanos, podendo ser-lhe dadas algumas utilizações úteis, entre as quais produção de energia. Assim, a biomassa vegetal e animal possui características semelhantes quando o assunto é aproveitamento energético (PEREIRA et al., 2015).

No Brasil e no mundo, o uso da biomassa como fonte energética está sendo incrementado a cada ano, procurando-se incentivar a valorização dos aspectos ambientais, sociais e econômicos. Sendo assim, resíduos ou subprodutos orgânicos de processamentos diversos podem ser recuperados em forma de energia renovável. Um fator importante dessas fontes de energia é que muitas delas podem ser usadas no mesmo local onde foram geradas, descentralizando a produção de energia, minimizando a logística e criando possibilidades de autossuficiência energética para diversos produtores (OLIVEIRA; FERREIRA; OLIVEIRA, 2016).

Corroborando com esses argumentos, o Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD) lançou em dezembro de 2015 a Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável, com os 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) (PNUD, 2015). De acordo esse documento, deve ser buscado “Um mundo onde o meio ambiente humano seja seguro, resiliente e sustentável, e onde exista acesso universal à energia de custo razoável, confiável e sustentável” (PNUD, 2015, p. 3) e deve-se “[...] desenvolver sociedades do conhecimento, tal como a inovação científica e tecnológica em áreas tão diversas como medicina e energia” (PNUD, 2015, p. 5).

O objetivo 7 do PNUD é diretamente relacionado à energia: “Assegurar a todos o acesso confiável, sustentável, moderno e a preço acessível à energia” (PNUD, 2015, p. 15), enfatizando as

energias renováveis, a eficiência energética, a cooperação internacional em pesquisas e tecnologias de energia limpa, a infraestrutura para energia limpa e os serviços de energia modernos e sustentáveis para todos nos países em desenvolvimento.

No Brasil, a partir do lançamento da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) – Lei 12.305 de 2010 (BRASIL, 2010a) e do Decreto Nº 7.404, de 23 de dezembro de 2010, que regulamenta a Lei Nº 12.305 (BRASIL, 2010b), entende-se por destinação final ambientalmente adequada a “[...] destinação de resíduos que inclui a reutilização, a reciclagem, a compostagem, a recuperação e o aproveitamento energético [...]” [grifo nosso], desde que sejam observadas todas as normas e restrições legais. No artigo 7º a PNRS também cita o aproveitamento energético como prática a ser incentivada nas empresas.

A biodigestão anaeróbia é um processo conhecido há muito tempo e seu emprego para a produção de biogás para a conversão em energia de cozimento, iluminação e como biofertilizante é muito popular nos países asiáticos, a exemplo da China e Índia. O interesse pelo biogás, no Brasil, intensificou-se nas décadas de 1970 e 1980, principalmente entre os suinocultores. Programas oficiais estimularam a implantação de muitos biodigestores focados, principalmente, na geração de energia e na produção biofertilizante e diminuição do impacto ambiental (KUNZ; OLIVEIRA, 2006).

O mecanismo de decomposição anaeróbica se desenvolve pela ação de um consórcio de microrganismos (fermentativos, acetogênicos e metanogênicos) altamente vorazes que em condições ideais de umidade e temperatura, passam a predominar no meio, provocando a degradação de forma acelerada dos resíduos. Este processo ocorre de forma simples e natural com quase todos os compostos orgânicos, formando assim o biogás, produto da degradação anaeróbica, sendo composto principalmente por metano (50 a 70 %), que é um gás de efeito estufa que contribui com o aquecimento global e CO<sub>2</sub> (30 a 45 %), além de resquícios de outros gases, como Nitrogênio (0 a 10 %), Hidrogênio (0 a 5 %), Oxigênio (0 a 1 %), gás sulfídrico (0 a 1 %) e vapor d’água (0,3 %). Esse gás pode ser coletado dos sistemas de degradação anaeróbica e usado como combustível (geração de calor ou energia) (POLPRASERT, 2007; KUNZ; OLIVEIRA, 2006). O biogás é um gás inflamável, inodoro, incolor e insípido, com eventual mau cheiro atribuído ao gás sulfídrico que é o componente de menor porcentagem (DEUBLEIN; STEINHAUSER, 2008). Após a fermentação é necessário passar por processos de limpeza chamados de desumidificação. Para se obter o biogás é imprescindível o processo que se dá através da decomposição anaeróbica, que se desenvolve ao longo de três fases distintas: liquefação, acidulação e gaseificação (OLIVEIRA, 2004).

O uso dos biodigestores para o tratamento de biomassa é amplamente disseminado em todo o mundo, tanto em países desenvolvidos quanto em países em desenvolvimento. Os biodigestores são sistemas fechados onde são depositados materiais orgânicos que são diluídos em água, para que

ocorra a fermentação anaeróbica, na qual resultará em biogás. Esses gases produzidos são coletados e armazenados em compartimentos chamados gasômetros para posterior utilização (DEUBLEIN; STEINHAUSER, 2008). Vários modelos de biodigestores têm sido desenvolvidos e adaptados para se buscar um aumento da eficiência desses sistemas aliado a uma redução de custos dos equipamentos (REUNIÃO TÉCNICA SOBRE BIODIGESTORES PARA TRATAMENTO DE DEJETOS DE SUÍNOS E USO DE BIOGÁS, 2006). Um cuidado que deve ser tomado com a utilização de biodigestores diz respeito ao efluente líquido que sai do sistema, não podendo ser descartado nos corpos receptores, por ainda apresentar um alto potencial poluidor, principalmente quando considerado nitrogênio e fósforo (KUNZ; OLIVEIRA, 2006).

Em relação à gestão de resíduos, a Agenda 2030 propõe “até 2030, reduzir o impacto ambiental negativo per capita das cidades, inclusive prestando especial atenção à qualidade do ar, gestão de resíduos municipais e outros” (PNUD, 2015, p. 26).

Somando-se à necessidade de uma melhor gestão dos resíduos e de se assegurar o acesso à energia, o aproveitamento de resíduos orgânicos para a geração de energia torna-se uma alternativa significativa e promissora.

### **3 METODOLOGIA**

Para elaboração deste trabalho foi realizada uma Revisão Sistemática de Literatura (RSL). De acordo com Sampaio e Mancini (2007), revisão sistemática é uma forma de pesquisa que utiliza como fonte de dados a literatura sobre determinado tema. Os mesmos autores ainda destacam que esse tipo de investigação disponibiliza um resumo das evidências relacionados a determinado fenômeno ou área de estudo, mediante a aplicação de métodos explícitos e sistematizados de busca, apreciação crítica e síntese da informação selecionada.

A base de dados utilizada foi artigos científicos de periódicos e congressos internacionais e nacionais; livros; dissertações e fontes relevantes e confiáveis da Internet o mais atual possível.

### **4 RESULTADOS**

Segundo Pinto (2014), a utilização de resíduo orgânico para a geração de energia em larga escala traz como benefícios, a segurança energética com a geração descentralizada e pode promover a captação de recursos internacionais decorrentes da possível venda de Certificados de Emissão de Carbono para países, conforme prevê o Protocolo de Quioto se as propostas seguirem os Mecanismos de Desenvolvimento Limpo (MDL).

O Brasil se destaca no cenário internacional como um importante ator ligado ao Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL), um dos instrumentos do Protocolo de Quioto criados para ajudar



os países desenvolvidos a alcançar suas metas de redução de emissões de carbono e incentivar financeiramente os países em desenvolvimento. Em termos do potencial de reduções de emissões associado aos projetos de MDL, o Brasil ocupa a terceira posição, sendo responsável pela redução de 375.889.172 tCO<sub>2</sub>e, o que corresponde a 6 % do total mundial para o primeiro período de obtenção de créditos, que podem ser de no máximo 10 anos para projetos de período fixo ou de 7 anos para projetos de período renovável (os projetos são renováveis por no máximo três períodos de 7 anos dando um total de 21 anos) (MMA, 2010).

Dados oficiais mostram que em 2016, as fontes de energias renováveis utilizadas no Brasil atingiram 43,5 %, enquanto registrou-se apenas 14,11 % de uso dessas fontes no panorama mundial. Em 2017, a participação de renováveis na Matriz Energética Brasileira manteve-se entre as mais elevadas do mundo representando 43,1 %. O avanço do gás natural foi compensado principalmente pela eólica e biomassas da cana, lixo e biodiesel (EPE, 2018).

Segundo dados do IPEA (2012), mais de 54 % dos brasileiros ascenderam socialmente entre 2003 e 2011, incorporando 40 milhões de pessoas que passaram a consumir mais na última década, consequentemente gerando mais resíduos. A geração diária brasileira de RSU em 2012 foi de 201.058 toneladas de resíduos.

Atualmente os resíduos orgânicos representam mais da metade dos RSU descartados nas cidades brasileiras, o país apresenta altos volumes de desperdício de alimentos, tanto nas cadeias produtivas e de distribuição, quanto no varejo, armazenamento e comercialização (PINTO, 2014). Um estudo realizado pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA, 2013), revelou que se perdem anualmente 37 quilos de hortaliças e 35 quilos de frutas por habitante.

O resíduo orgânico biodegradável é classificado pela ABNT como não inerte. Muitas vezes esse material é tratado com indiferença, entretanto oferece riscos ao meio ambiente, uma vez que apresenta risco ambiental devido à produção de chorume e metano. A matéria orgânica presente no lixo também é um agente que propicia a proliferação dos microrganismos e atrai vetores que encontram no lixo condições favoráveis de desenvolvimento (PINTO, 2014).

Segundo Oliveira (2004), a geração de energia elétrica com o uso de biogás como combustível pode ser dividida nas seguintes tecnologias disponíveis no momento:

- 1- Conjunto Gerador de Eletricidade – Consiste em um motor de combustão interna Ciclo Otto (álcool, gasolina ou diesel) adaptado para o uso do biogás como combustível, acoplado a um gerador de eletricidade, independente da rede de energia elétrica da concessionária local.
- 2- Conjunto Gerador Economizador de Eletricidade – Consiste em um motor de combustão interna Ciclo Otto (álcool, gasolina ou diesel) adaptado para o uso do biogás como combustível, acoplado a

um motor assíncrono, de dois ou quatro polos, que passa a gerar energia ao ser conectado à rede de energia elétrica da concessionária local.

No primeiro caso, o conjunto é independente da rede de energia elétrica local, gerando energia dentro de propriedade com o sistema de distribuição interno isolado. No segundo caso, o equipamento gera energia somente se estiver conectado à rede de distribuição da concessionária de energia elétrica, deixando de funcionar se a mesma sofrer interrupção, o que elimina possibilidades de acidentes quando técnicos estiverem na manutenção nas redes elétricas externas. Neste caso, a energia gerada é distribuída na propriedade e na rede externa até o transformador mais próximo (OLIVEIRA, 2004). Outro método é a queima direta do biogás em caldeiras para cogeração (COELHO et al., 2006).

Os estudos de Duerr et al. (2007) mostraram ser possível o uso de gás hidrogênio produzido do metano gerado em degradação de resíduos orgânicos, como os encontrados em aterros sanitários, para a produção de energia elétrica.

Khalid et al. (2011) realizaram estudos com a digestão anaeróbia de resíduos sólidos orgânicos, ressaltando que a taxa de produção é de cerca de 770 g/hab.dia em países em desenvolvimento, com crescimento crescente a cada ano. Segundo os autores, à época do estudo, a geração mundial de resíduos sólidos municipais era de cerca de dois bilhões de toneladas por ano, com previsão de chegar a três bilhões em 2025. Desse montante, há uma parcela significativa de resíduos orgânicos passíveis de decomposição biológica, como a digestão anaeróbia, que pode gerar biogás para produção de energia.

## **5 CONCLUSÃO**

A produção de energias renováveis é uma das formas de aproveitamento de resíduos orgânicos no Brasil, contribuindo ao mesmo tempo para o aumento da matriz energética mundial, redução de lançamentos inadequados no meio ambiente, geração de oportunidades de negócios, renda e trazendo maior desenvolvimento sustentável, ou seja, garantindo um sistema ambientalmente correto, socialmente justo, economicamente viável, culturalmente aceito e espacialmente equilibrado.

As tecnologias à base de fontes renováveis influenciarão na participação da matriz energética nacional à medida em que o desenvolvimento e progresso de conversão e uso se tornarem disponíveis e forem comparativamente preferidas pelos provedores de serviços de energia e consumidores.

A conversão energética do biogás pode ser apresentada como uma solução para o grande volume de resíduos produzidos, visto que reduz o potencial tóxico das emissões de metano ao mesmo tempo em que produz energia elétrica, agregando, desta forma, ganho ambiental e redução de custos. Outras vantagens também estão agregadas com a utilização do biogás, como: redução dos resíduos orgânicos descartados; redução das emissões de CO<sub>2</sub>; uso descentralizado de energia, gerando mais



confiabilidade no setor energético; redução de odores pela decomposição dos restos orgânicos; uso veicular como combustível; geração de fertilizantes biológicos (diminuindo assim a utilização de fertilizantes químicos no solo); redução da poluição do solo e corpos d'água, já que evita o contato com o chorume; e produção de energia térmica a partir de armazenamento de energia solar de acordo com as necessidades, independentemente da época do ano.

Os principais desafios para a solução dos problemas relacionados aos resíduos sólidos orgânicos no Brasil estão ligados à disposição irregular, coleta informal e a insuficiência do sistema de coleta pública, uma vez que nem todo resíduo gerado é coletado e tratado. É importante ressaltar que atualmente, com o limite da capacidade dos aterros quase esgotados e a preocupação com desenvolvimento sustentável, explorar o ciclo de vida dos produtos até o final de sua vida útil e garantir sua destinação apropriada, além de ajudar na redução do lixo gerado, passa a ser uma obrigação com a nova Lei 12.305/2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, Capítulo II, Art.3º - XV. Desde de 2014, os aterros sanitários não podem receber resíduos, apenas rejeitos, ou seja, os resíduos sólidos que, depois de esgotadas todas as possibilidades de tratamento e recuperação por processos tecnológicos disponíveis e economicamente viáveis, não apresentem outra possibilidade que não a disposição final ambientalmente adequada, a fim de evitar a contaminação de lençóis freáticos, através de sistemas de captação de chorume e aproveitamento dos gases gerados na biodigestão e decomposição da matéria orgânica.

## REFERÊNCIAS

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 10004: Resíduos Sólidos - Classificação. Rio de Janeiro, 2004.

ABRELPE. Caderno Informativo sobre Recuperação Energética de Resíduos Sólidos. 2012. Disponível em:  
<[http://www.abrelpe.org.br/\\_download/informativo\\_recuperacao\\_energetica.pdf](http://www.abrelpe.org.br/_download/informativo_recuperacao_energetica.pdf)>. Acesso em: 05 mar. 2018.

BRASIL. Presidência da República. Lei nº. 12.305 – Política Nacional de Resíduos Sólidos. 2010a. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm)>. Acesso em: 05 mar. 2018.

\_\_\_\_\_. Presidência da República. Decreto nº. 7.404 – Regulamenta a Lei nº. 12.305. 2010b.

Disponível em:

<[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2010/decreto/d7404.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/decreto/d7404.htm)>. Acesso em: 05 mar. 2018.

COELHO, S. T. et al. A conversão da fonte renovável biogás em energia. In: Congresso Brasileiro de Planejamento Energético (CBPE), 5, 2006, Brasília. Anais... Brasília: V CBPE, 2006.

DEUBLEIN, D.; STEINHAUSER, A. Biogas from waste and renewable resources. Weinheim: WILEYVCH Verlag GmbH & Co. KGaA, 2008.

DUERR, M. et al. Hydrogen and electrical energy from organic waste treatment. International Journal of Hydrogen Energy, v. 32, 705-709, 2007.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Desperdício de alimentos é desperdício de recursos naturais e financeiros. 2013. Disponível em: <[http://www.embrapa.br/imprensa/noticias/2013/junho/1a-semana/desperdicio-de-alimentos-e-desperdicio-de-recursos-naturais-e-financeiros/?searchterm=desperdicio alimentos](http://www.embrapa.br/imprensa/noticias/2013/junho/1a-semana/desperdicio-de-alimentos-e-desperdicio-de-recursos-naturais-e-financeiros/?searchterm=desperdicio+alimentos)>. Acesso em: 24 set. 2018.

EPE. Empresa de Pesquisa Energética. Matriz energética e elétrica. 2018. Disponível em: <<http://epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-303/topico-397/Relat%C3%B3rio%20S%C3%ADntese%202018-ab%202017vff.pdf>>. Acesso em: 20 set. 2018.

IPEA. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. Diagnóstico dos Resíduos Sólidos Urbanos.

2012. Disponível em :<

[http://www.ipea.gov.br/agencia/images/stories/PDFs/relatoriopesquisa/121009\\_relatorio\\_residuos\\_solidos\\_urba](http://www.ipea.gov.br/agencia/images/stories/PDFs/relatoriopesquisa/121009_relatorio_residuos_solidos_urba)

[nos.pdf](http://www.ipea.gov.br/agencia/images/stories/PDFs/relatoriopesquisa/121009_relatorio_residuos_solidos_urba_nos.pdf)>. Acesso em: 24 set. 2018.

KHALID, A. et al. The anaerobic digestion of solid organic waste. Waste Management, v.31, p. 1737–1744, 2011.

KUNZ, A.; OLIVEIRA, P. A. V. Aproveitamento de dejetos de animais para geração de biogás. Revista de Política Agrícola. Ano XV, n. 3, jul./ago./set. 2006. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/63324/1/Paginas-de-pol-agr-03-20064-p.-28-35.pdf>>. Acesso em: 05 mar. 2018.

MMA. Ministério do Meio Ambiente. Estudo sobre o Potencial de Geração de Energia a partir de Resíduos de Saneamento (lixo, esgoto), visando incrementar o uso de biogás como fonte alternativa de energia renovável. Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento – PNUD. 2010. Disponível em: <[http://www.mma.gov.br/estruturas/164/\\_publicacao/164\\_publicacao10012011033201.pdf](http://www.mma.gov.br/estruturas/164/_publicacao/164_publicacao10012011033201.pdf)>. Acesso em: 05 mar. 2018.

OLIVEIRA, P. A. V. Produção e aproveitamento do biogás. In: OLIVEIRA, P. A. V. de. Tecnologias para o manejo de resíduos na produção de suínos: manual de boas práticas. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2004. cap. 4, p.43-55.

OLIVEIRA, S. V. W. B.; FERREIRA, A. H.; OLIVEIRA, M. M. B. Aproveitamento de resíduos para geração de energia: ecoeficiência e sustentabilidade. ENGEMA: Encontro Internacional sobre Gestão Empresarial e Meio Ambiente. 2016. Disponível em: <<http://engemasp.submissao.com.br/18/anais/arquivos/197.pdf>>. Acesso em: 05 mar. 2018.

PEREIRA, M. S. et al. Energias renováveis: biogás e energia elétrica provenientes de resíduos de suinocultura e bovinocultura na UFSM. Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental. Santa Maria, v. 19, n. 3, set-dez. 2015. Disponível em: <<https://periodicos.ufsm.br/reget/article/view/18064/pdf>>. Acesso em: 05 mar. 2018.

PINTO, P. A. Projeto de aproveitamento de resíduo sólido orgânico com geração de energia. Estudo de caso: Empresa Bayer S.A. 2014. 76 p. Monografia (Especialização em Gestão Ambiental e Negócios no Setor Energético) - Instituto de Energia e Ambiente, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.

PNUD. Programa das Nações Unidas Para O Desenvolvimento. Transformando Nosso Mundo: a Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável. 2015. Disponível em: <[http://www.pnud.org.br/Docs/Agenda2030completo\\_PtBR.pdf](http://www.pnud.org.br/Docs/Agenda2030completo_PtBR.pdf)>. Acesso em: 05 mar. 2018.

POLPRASERT, C. Organic Waste Recycling: Tecnology and Management. 3. ed. London: IWA Publishing, 2007.

REUNIÃO TÉCNICA SOBRE BIODIGESTORES PARA TRATAMENTO DE DEJETOS DE SUÍNOS E USO DE BIOGÁS. 2006. Concórdia. Anais... Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2006. 53 p. (Embrapa Suínos e Aves. Documentos, 106). Coordenação de: Airton Kunz e Paulo A. V. de Oliveira.

SAMPAIO, R. F.; MANCINI, M. C. Estudos de revisão sistemática: um guia para síntese criteriosa da evidência científica. Rev. bras. fisioterapia, São Carlos, v. 11, n. 1, p. 83-89, jan/fev, 2007.

SCHOTT FILHO, O. et al. Projeto Estiva: uma iniciativa de gestão de resíduos sólidos urbanos em comunidades de baixa renda. Revista ELO - Diálogos em Extensão 23, v. 6, n. 3, dez. 2017. Disponível em:< <https://www.elo.ufv.br/index.php/elo/article/view/273/178>>. Acesso em: 30 set. 2018.

TOZETTO, C. M. Modelagem matemática de aterros sanitários com a simulação hidrológica da geração de lixiviado: estudo de caso do aterro sanitário de Curitiba. 2008. 154 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental) - Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2008. Disponível em:< [https://docs.ufpr.br/~bleninger/dissertacoes/149-Carolina\\_Morsoletto\\_Togetto.pdf](https://docs.ufpr.br/~bleninger/dissertacoes/149-Carolina_Morsoletto_Togetto.pdf)>. Acesso em: 30 set. 2018.

VALLE, J.; BRAZ, E. M. Q.; SANTOS, C. L. Resíduos sólidos urbanos. Revista Ceciliana Dez 5(2): 1-4, 2013. Disponível em:< [http://sites.unisanta.br/revistaceciliana/edicao\\_10b/1.pdf](http://sites.unisanta.br/revistaceciliana/edicao_10b/1.pdf)>. Acesso em: 30 set. 2018.